



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Omakotitalon pohjarakennesuunnittelu

Matias Ryhtä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

RYHTÄ MATIAS

Omakotitalon pohjarakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Huhtikuu 2016

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä omakotitalon pohjarakennesuunnitteluun kokonaisuutena esimerkkikohteen avulla. Kohde sijaitsee Tammelan kunnassa Riihivalkan kylässä. Tavoitteena työllä oli tuottaa esimerkkikohteeseen rakennuslupaa varten tarvittavia suunnitelmia. Osana työtä vertailtiin myös kolmea eri perustusratkaisua ja niiden kustannuksia materiaalien hinnan perusteella.

Suunnittelun lähtökohtien tutkimista varten käytettiin apuna alan kirjallisuutta. Pohjarakennesuunnittelua varten täytyi kohteeseen tehdä pohjatutkimuksia, jotka suoritettiin myös osana opinnäytetyötä. Esimerkkikohteen kunta antoi myös tarvittavia lähtökohtia suunnitteluun. Tutkimustapana käytettiin painokairausta sekä häiriintynyttä maanäytettä. Tulosten perusteella huomattiin tontin pohjamaan olevan todella huono maanvaraisen perustamisen kannalta. Pohjamaana todettiin olevan noin kolmen metrin kerros savea, jonka jälkeen maa muuttui hiekkamoreeniksi. Maanvaraista perustusta käytettiin kuitenkin yhtenä vertailukohteen kahden eri paaluperustusratkaisun ohella.

Lähtötietojen perusteella talon korkeusasema valittiin mahdollisimman alhaalle, jotta huonolle pohjamaalle ei aiheutuisi turhaa kuormaa. Työssä laadittiin myös tontin kuivatussuunnitelma, mitoitettiin pihan rakennekerrokset ja perustusten routasuojaus sekä käsiteltiin kaivantojen suunnittelua. Suunnitelmista tuli käyttökelpoisia rakennusluvan hakemista ajatellen.

Perustusrakenteiden vertailussa käsiteltiin maanvaraista seinänturaperustusta, paaluperustusta maanvaraisella alapohjarakenteella sekä paaluperustusta ryömintätilaisella alapohjarakenteella. Vertailussa huomattiin paaluperustuksen ryömintätilaisella alapohjalla tulevan esimerkkikohteessa kahta muuta vaihtoehtoa huomattavasti käytännöllisemmäksi sekä halvemmaksi ratkaisuksi. Perustustavan halpuuteen vaikutti muun muassa vähäinen tarve kevennämateriaaleille sekä se, että massanvaihtoja ei tarvitse suorittaa.

Opinnäytetyö esittää tiiviisti pohjarakennesuunnitteluun liittyvät lähtötiedot sekä antaa mahdollisuuden tarkastella saviselle maaperälle perustettavan talon eri pohjarakenneratkaisuja. Tärkeänä lähtökohtana jokaisessa suunnittelun eri osa-alueessa nousi esille riittävän laajat pohjatutkimukset. Tarkoilla pohjatutkimuksilla pystytään mitoittamaan jokainen rakenne tarkemmin ja näin saadaan myös mahdollisesti säästettyä tulevan rakennuksen kustannuksia.

Asiasanat: pohjarakentaminen, perustukset, kuivatus, routasuojaus, pientalo

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Infrastructure construction

RYHTÄ, MATIAS:
Foundation Planning for Private Home

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 13 pages
August 2015

Meaning of this thesis was to become acquainted with foundation planning for private home with help of an example site. Site was located at town of Tammela at Finland. Aim of this thesis was to produce completed plans for planning permission of the example site. Part of the thesis also covers comparison of three different foundation types and how much they cost.

Literature of the field of construction for the examination of planning foundations. Foundation planning includes ground survey, which was also made as part of the thesis. Ground survey was made by using weight sounding test and one soil sample. Survey proved that base soil was mainly clay and so it was not a proper place to plan a ground supported foundation. Nevertheless ground supported foundation was used as one of the three different foundation types at the comparison.

Foundation planning also includes planning of the frost insulating and drainage of the site and building base. Plans were made and became out as useable material for planning permission.

Comparison of foundation types included ground supported foundation, pile foundation with ground based base floor and pile foundation with subfloor space. It was noticed by comparison that pile foundation with subfloor space would be much more practical and also cheaper choice than the other two options. Cheapness of the solution was mainly due to small need of lightweight material and also that there was no need for any unnecessary excavation.

Thesis showed compactly needed basic data for foundation planning and also gives an opportunity to inspect different structures you can do on bad foundation base soil. Also the meaning of ground survey stood up as very important base for the whole planning. Without good ground surveying you have to make many presumptions which might impact the costs and reliability of the planned structures radically.

Key words: planning, foundation, drainage

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄHTÖKOHDAT.....	7
2.1	Perustamistavat	7
2.1.1	Maanvaraisperustukset.....	7
2.1.2	Kallion varaan perustaminen.....	9
2.1.3	Paaluperustukset.....	9
2.2	Pohjatutkimukset	10
2.2.1	Kartoitus ja vaaitus.....	10
2.2.2	Pohjatutkimukset.....	11
2.3	Kuivatus	12
2.3.1	Tarvittavat tiedot.....	13
2.3.2	Piha-alueiden rakenteet ja kuivatus.....	14
2.3.3	Rakennuspohjan kuivatus	16
2.4	Routasuojaus	17
2.4.1	Lähtötiedot	18
2.4.2	Lämpimien rakennusten routasuojaus.....	20
2.4.3	Piha-alueiden routasuojaus.....	22
2.5	Kaivannot.....	23
2.5.1	Putkikaivannot	23
3	SUUNNITTELU	25
3.1	Lähtötiedot.....	25
3.1.1	Pohjatutkimukset.....	25
3.2	Perustuksen suunnittelu	26
3.2.1	Maanvarainen perustus.....	26
3.2.2	Paaluperustus	27
3.3	Kuivatuksen suunnittelu	27
3.4	Routasuojaus	28
4	VERTAILU	29
4.1	Maanvarainen perustus	29
4.2	Paaluperustus maanvaraisella laatalla.....	29
4.3	Paaluperustus rossipohjalla.....	30
4.4	Yhteenveto	30
5	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	33
	Liite 1. Tutkimuskartta ja kairausdiagrammit	33

Liite 2. Maanvaraisen perustuksen mitoitus.....	36
Liite 3. Paaluperustuksen mitoitus Eurokoodin mukaisesti	39
Liite 4. Pihanrakenteiden mitoitus.....	41
Liite 5. Pihan kuivatus.....	43
Liite 6. Salaojasuunnitelma	44
Liite 7. Routasuojaus	45

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee talon pohjarakennesuunnitteluun tarvittavia lähtötietoja, sekä yleisesti suunnittelun lähtökohtia ja suunnittelua. Työssä on suunniteltu Tammelan kunnassa sijaitsevalle tontille rakennuksen kuivatus-, routasuojaussuunnitelmat ja useampi eri ratkaisu talon pohjarakenteeksi. Työn tarkoituksena on teettää tarvittavia suunnitelmia rakennusluvan hakemista varten. Opinnäytetyössä keskityttiin talon pohjarakentamiseen suunnittelun näkökulmasta, jonka vuoksi työsuorituksia ei työssä käsitellä.

Työssä esitetään tehdyt pohjatutkimukset ja lähtötiedot, joiden perusteella suunnitelmat laadittiin. Pohjatutkimukset suoritettiin kevään 2016 aikana. Muita tarvittavia lähtötietoja saatiin Tammelan kunnan tekniseltä osastolta, sillä tontti sijaitsee kaavoitetulla alueella.

Työssä käsitellään myös itse suunnittelua, mutta osa kaavojen johtamisista ja suoritetuista laskuista on jätetty pois näkyvistä. Kaikki tulokseksi saadut piirustukset ovat työn liitteenä.

Eri pohjarakenneratkaisuista tehtiin alustava kustannusvertailu. Vertailussa tarkasteltiin, mikä ratkaisu olisi järkevin ja kustannustehokkain toteuttaa. Rakennuspohjan heikon maalaadun vuoksi vertailu oli kannattavaa tehdä ja se antaa hyvän käsityksen eri vaihtoehtoista.

2 LÄHTÖKOHDAT

Tässä kappaleessa käsitellään eri pohjarakennus-, kuivatus-, routasuojaus- ja kaivantoratkaisuja sekä niille vaadittavia lähtötietoja talonrakentamisen pohjarakennussuunnittelun näkökulmasta.

2.1 Perustamistavat

Pohjarakenteet ovat rakenteita jotka välittävät rakennuksen tai rakenteen synnyttämät kuormat maa- tai kalliopohjalle. Pohjarakenteet tulee suunnitella siten, että ne kestävät niille tulevat kuormat ja jakavat ne tasaisesti maaperään ilman epätasaista tai liian suurta painumaa. Pohjarakenteissa tulee myös varmistaa rakennuksen käyttöikää vastaava pitkäaikaiskestävyys sekä estää kosteusvauriot rakenteille. (Jääskeläinen 2009, 9.)

Talonrakentamisen pohjarakennesuunnittelussa yleisimpiä pohjarakenneratkaisuja ovat kalliolle perustaminen, maanvaraisperustukset sekä paaluperustukset.

2.1.1 Maanvaraisperustukset

Maanvaraiset perustukset toteutetaan useimmiten perusmuurianturoilla tai pilarianturoilla. Harvemmin käytössä on yhtenäiset jäykistetyt laatat. Kuten muidenkin perustamistapojen yhteydessä, myös maanvaraisperustuksilla nousee selvästi esille rakenteiden suunnittelu siten että varmuus maapohjan murtumista vastaan on riittävä, rakenteiden liukumista ei sallita, perustamistyö tulee voida suorittaa turvallisesti, eikä ympäristölle saa aiheutua vahinkoa. Suunnitellessa maanvaraista perustusta, lasketaan erikseen sekä varmuus maapohjan murtumista vastaan että rakenteiden alla olevien maakerrosten painumien pysyminen riittävän pienenä. Rakennettaessa tulee erityisesti huomioida se, ettei viereisten rakennusten rakenteille aiheudu minkäänlaista vahinkoa. (Jääskeläinen 2009, 39.)

Maaperästä täytyy hankkia tiedot, joihin perustuen tehdään mitoituslaskelmat. Laskennassa käytettävät maaperän ominaisarvot päätellään pohjatutkimuksista keskiarvona, noudattaen varovaisuutta ja pyöristäen varmalle puolelle. Mitä tarkemmat ja paremmat mittaustulokset ovat käytettävissä, sitä varmemmin ominaisarvot pitävät paikkansa. Ominaiskuormilla tarkoitetaan kuormia joita ei mitoituksen mukaan todennäköisesti ylitetä

rakenteen käyttöiän aikana. Tärkeänä arvona on myös perustuksen kantokyky, joka saadaan ottamalla huomioon varmuus pelkästään murtumista vastaan. (Jääskeläinen 2009, 39.)

Perustusrakenteiden suunnittelu ja mitoitus perustuu nykyisin eurokoodeihin. Perustusrakenteet mitoitetaan käyttäen sekä murtorajatila- että käyttörajatila tarkastelua. Murtorajatilatarkastelussa tutkitaan riittävä varmuus maapohjan sekä rakenteiden murtumista vastaan niin rakentamisen kuin käytönkin aikana. Murtorajatilassa käytettävät mitoitusarvot saadaan ominaisarvoista osavarmuuslukujen avulla. Käyttörajatilatarkastelussa puolestaan tarkastetaan, etteivät vaaditut raja-arvot ylity kuten rakenteiden painumien, painumaerojen, siirtymien, kiertymien tai muodonmuutosten kohdalla. Käyttörajatilatarkastelussa käytetään mitoitusarvoina pelkästään ominaisarvoja. (RIL-207 2009, 99–114.)

Eurokoodeissa on käytettävissä kolme eri mitoitustapaa, joista käytetyin suomessa on DA2 menetelmä. Menetelmässä maaparametrit ovat ominaisarvoina ja osavarmuuskertoimia käytetään kuormien vaikutukseen sekä kestävyys. DA2 mitoitusstavasta on myös kaksi eri alasoventusta: DA2 ja DA2*. Erona alasoventuksissa on se, että DA2 tavassa otetaan varmuuskertoimet heti huomioon kun taas DA2* tavassa varmuuskertoimia käytetään vasta lopussa kestävyyttä laskettaessa. (RIL-207 2009, 103–107.)

Vaikka tiiviissä sora- ja moreenimaissa ei yleensä synny suuria painumia, tai ne ovat hyvin pieniä, tulee painumat silti tarkistaa, etenkin löyhissä karkearakeisissa maissa. Sora- ja moreenimaissa käytettävän pohjapaineen määrää kuitenkin yleensä murtumavaara. Hienorakeisissa maissa painumalaskut tulee suorittaa aina. Eloperäisten maiden päälle perustaminen on kiellettyä johtuen suuresta konsolidaatiopainumasta sekä jatkuvasta jälkipainumasta. (Jääskeläinen 2009, 40.)

Käytännön systä johtuen on maanvaraisille perustuksille määrätty myös minimimitat, perusmuurianturoissa leveys 0,3 metriä ja pilarianturoissa 0,4 * 0,4 metriä. Minimi perustussyvyytenä pidetään 0,5 metriä. (RIL-207 2009, 99.)

Perustusten välisen korkeuseron ei suositella olevan suurempi kuin 1:3. Myöskään perusmuurin pituussuuntaisen kaltevuuden ei tulisi olla tämän suurempi. Jos käytetään suurempia kulmia, on riskinä, että ylemmän anturan alta tulisi jopa rasituksia alemman

päälle. Varsinkin perustettaessa löyhille maapohjille kulman loivuus auttaa pohjamaan pitämisen kiinteänä anturoiden sivuilla ja alla. (Jääskeläinen 2009, 41)

2.1.2 Kallion varaan perustaminen

Kallio on todella hyvä ja luotettava perustuspohja. Ehjälle ja rapautumattomalle kalliolle voidaan yleensä perustaa rasisusten puolesta suoraan teräsbetonirakenne kalliota vasten ilman anturarakenteita. Näinollen ei synny painumia, eikä kallio myöskään roudi. Kalliolle rakentaminen onkin talonrakentamisen pohjarakennesuunnittelun kannalta kaikkein helpoin vaihtoehto. (Jääskeläinen 2009, 24.)

Kalliolle rakennettaessa joudutaan kuitenkin hyvin usein louhimaan kalliopintaa, jotta siitä saadaan riittävän tasainen niin rakennuksen kohdalla kuin piha- ja liikennealueilta-kin. Myös kuivatus joudutaan ottamaan huomioon ja mahdollisesti täytyy suorittaa kaanaalilouhintaa putkilinjoja varten. Louhinnan hintavuuden vuoksi kalliopohjille perustaminen saattaa tullakin hyvin paljon kalliimmaksi, kun jo joidenkin hiekka- ja silttimaidenkin kantavuudet riittävät omakotitalon kuormille. Asia täytyy kuitenkin pohtia tapauskohtaisesti. (Jääskeläinen 2009, 24.)

2.1.3 Paaluperustukset

Paaluperustuksia käytetään kun perustaminen ei maanvaraisesti ole mahdollista, johtuen joko pehmeiden maakerrosten liiallisista painumista, kiertymistä tai jostakin muusta syystä. Syynä voi myös olla esimerkiksi viereisten rakennusten läheisyys. Paalutus on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina myös pientalojen pohjarakenneratkaisuna, ja kilpailun ansiosta myös hinnat ovat kilpailukykyisiä verrattuna esimerkiksi mittaviin massanvaihtoihin. (RIL-121 2005, 83.)

Paalutuksessa vaihtoehtoina talon pohjarakenteissa on joko teräsbetonipaalut tai teräsputkipaalut. Molemmissa vaihtoehtoissa varsinainen paalutus voidaan toteuttaa jopa yhden päivän aikana. Paalutuksilla vältetään myös lähes täysin maapohjan painumilta, koska paalut siirtävät kuormat suoraan kantavalle maapohjalle tai kalliolle.

Paaluperustus tulee suunnitella kestävänsä rakenteesta ja ulkopuolisista kuormista perustuksille siirtyvät kuormitukset, sekä maan aiheuttamat kuormitukset. Myös perustusten siirtymien täytyy pysyä niille annetuissa raja-arvoissa. Paalun kantavuus mitoitetaan siten että huomioidaan valitun paalumateriaalin lujuus sekä jäykkyys, maapohjan ominaisuudet ja paalulle tuleva kuorma. Maapohjan painumat ja siirtymät sekä kiertymät täytyvät pysyä raja-arvoissa. (RIL-121 2005, 84)

2.2 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksilla tarkoitetaan talonrakennusprojektien yhteydessä kokonaisuutta, johon sisältyy kyseisen alueen kartoitus, vaaitus sekä varsinaiset pohjatutkimukset. Kyseiset tutkimukset liittyvät toisiinsa ja ovat oleellinen osa pohjarakennesuunnittelun aloittamista. (Jääskeläinen 2011, 236.)

2.2.1 Kartoitus ja vaaitus

Tontin tai rakennusalueen kartoituksessa selvitetään tontin rajat, rajapyykkit, viereiset kadut jalkakäytävineen sekä mahdollisesti jo tontilla olevat vanhat rakenteet tai rakennukset, vesi- ja viemärijohdot, avo-ojat sekä kaivot ja kaapelit. Yleensä myös säästettävät puut ja istutukset näkyvät kartoituksessa, kuten myös avokalliokohdat. Mikäli rakennuttajalla on jo olemassa olevat suunnitelmat rakennuksesta, tulee se myös esittää kartoituksessa. (Jääskeläinen 2011, 236.)

Vaaituksella selvitetään tontin maanpinnan korkeusasema sekä sen vaihtelut riittävän tarkalla tiheydellä. Usein pyritään siihen että korkeuskäyrät ovat 0,5 metrin välein toisistaan. Tärkeää on myös, että tontin rajoilta on tarkat korkeustiedot, jotta tasaus saadaan suunniteltua yhdistymään olemassa olevaan maanpintaan. (Jääskeläinen 2011, 236.)

Nykyisin kartoitus sekä vaaitus pystytään helposti hoitamaan yhdellä laitteella. Takymetrillä voidaan samalla kertaa selvittää tutkittavan pisteen sijainti että korkeus sekä antamaan symbolit sille mitä piste esittää. Tulokseksi saadut tiedot siirretään suoraan takymetrin muistista ohjelmaan jolla saadaan aikaiseksi tulostettavat kartat tontista. (Jääskeläinen 2011, 236–237.)

Jos rakennuskohde on kuitenkin esimerkiksi kaavoitetulla alueella, kannattaa tarkistaa kunnan viranomaisilta onko alueelta olemassa aiempia tutkimuksia. Jos tutkimuksia on tehty riittävän kattavasti, vältetään turhalta työltä ja kustannuksilta. Kaavoitetuilta alueilta löytyy usein myös tiedot tonttien rajapyykeistä sekä karttaote kyseisestä tontista. Rakennusvalvonnalta saa myös tiedon tontin vesihuoltolinjojen koroista. (Jääskeläinen 2011, 241–242.)

2.2.2 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksilla pyritään aina selvittämään rakennuspaikan maaperäolosuhteet siten että aiotun rakenteen perustaminen ja siihen tarvittavat rakennustyöt voidaan suunnitella luotettaviksi ja toteuttaa turvallisesti. Pohjatutkimuksiin sisältyy maakerrosten ja niiden laadun selvittäminen sekä kantavan maakerroksen tai kallion tutkiminen että pohjavedenpinnan sijainnin tarkistaminen. (Jääskeläinen 2011, 240.)

Valmiin pohjatutkimuksen tulee sisältää geotekninen maaperämalli, josta selviää maanpinta muotoineen, pohjaveden korkeusasema, maakerrokset ominaisuuksineen sekä kantava pohja tarpeellisine tietoineen. (Jääskeläinen 2009, 241.)

Kuten edellä mainittiin, kunnalta kannattaa myös selvittää onko alueella tehty pohjatutkimuksia lähellä kyseistä tonttia, tai mahdollisesti jopa tontilla. Jos on kuitenkin tarve suorittaa pohjatutkimus, niin siihenkin löytyy useampi eri vaihtoehto. Vaihtoehtoina maaperän kerrosten sekä ominaisuuksien tulkintaan on useampia ja niillä jokaisella on omat suositellut käyttökohteet (taulukko 1). Tässä työssä perehdytään kuitenkin tarkemmin ainoastaan painokairaukseen, jolla suoritettiin tutkimukset esimerkkikohteessa. (Jääskeläinen 2009, 242.)

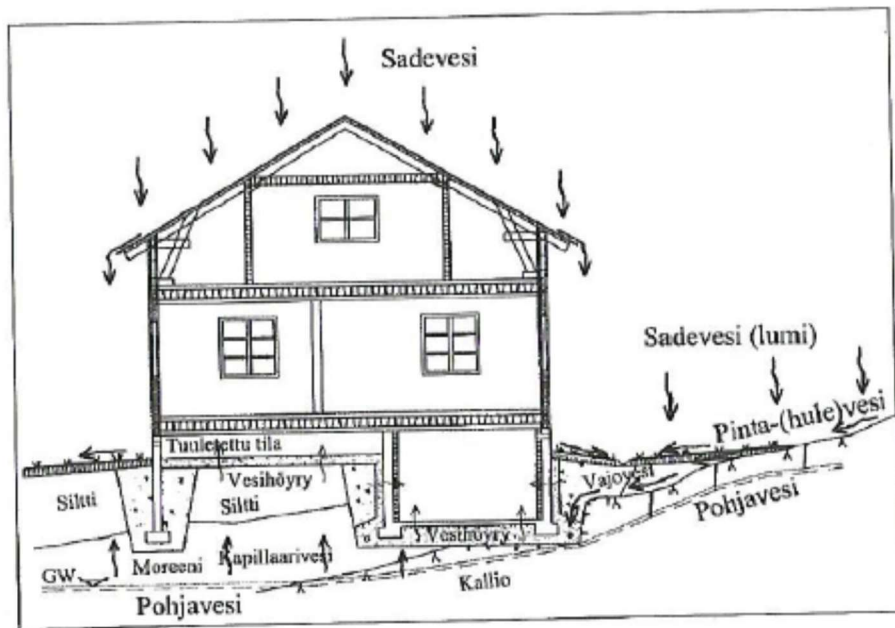
TAULUKKO 1. Yleisimmät kairausmenetelmät ja niiden suositeltu käyttö (Jääskeläinen 2011)

Kairausmenetelmän pääasiallinen käyttötarkoitus <u>x</u>	Kallion pinnan sijainti	Tiiviin pohjakerroksen sijainti	Tiiviydeltään erilaisten maakerrosten	Maakerroksen lujuus likimäärin	Maakerroksen lujuus tarkasti	Maakerroksen tiiviyys likimäärin	Maalajiryhmä	Lyöntipaalujen pituuden arviointi
Painokairaus	o	x	x	o		x	x	o
Heijarikairaus	o	x	o	o		x	o	x
Puristinkairaus		o	x	x		x	x	o
Siipikairaus					x			
Tärykairaus	o	x					o	o
Porakonekairaus	x	o						o

2.3 Kuivatus

Pohjarakennesuunnittelussa tulee ottaa huomioon myös rakenteiden kuivatus. Kuivatuk-
sella pyritään estämään maassa liikkuvan veden pääseminen haitallisesti rakenteisiin sekä
luomaan piha alue joka pysyy käytön ja hoidon kannalta riittävän kuivana (kuva 1). Maata
vasten olevat rakenteet tulee suojata sekä varmistuttava siitä, että salaojituksen avulla vesi
ei pääsee siirtymään sille arkoihin rakenteisiin. Oikein suunniteltu ja toteutettu kuivatus
estää myös yhdessä routasuojauksen kanssa sen, että maa ei pääse jäätymään kiinni pe-
rustusten ulkopintaan, eikä siten aiheuta perustuksille siirtymiä. Hyvin suunniteltu kuiva-
tus lisää piha-alueen kantavuutta, estää liiallista routimista, parantaa kasvien ja nurmikon
kasvuolosuhteita ja poistaa hulevedet ilman lammikoitumisia. (Jääskeläinen 2009, 121.)

Kuivana pito ei saisi kuitenkaan tarpeettomasti haitata pihan kasvillisuutta, eikä salaoja-
putkien läheisyydessä saisi olla kasvillisuutta jonka juuret voisivat tukkia putket. (RIL-
121 2005, 100.)



KUVA 1. Rakennusten ympäristössä esiintyvät erilaiset vedet (Jääskeläinen 2009)

2.3.1 Tarvittavat tiedot

Kuivatussuunnitelmaa laatiessa tärkeimpiä tietoja ovat pohjavesitiedot. Pohjavedenpinta saattaa paikoitellen vaihdella hyvinkin rajusti eri vuodenaikoina. Pohjavesitiedot ovat tarpeellisia myös sen vuoksi, että rakentaminen saattaa haitallisesti alentaa pohjavesiä, eikä se ole hyväksi ympäristön rakenteille. (Jääskeläinen 2009, 121.)

Myös kuivatussuunnitelma vaatii rakennuspaikan kartoitusta, vaaitusta sekä pohjatutkimuksia. Kuivatussuunnitelmassa pitää pystyä määrittelemään valuma-alue, jonka avulla pystytään päättelemään alueelle tulevan veden määrän jota käytetään suunnittelussa. Maaperä vaikuttaa siihen kuinka nopeasti vesi maassa liikkuu. Sorassa ja muissa karkeissa maalajeissa veden liikkeet ovat hyvin nopeita, kun taas tiiviillä savi-, siltti- tai moreenimailla veden liikkeet ovat hitaita. (Jääskeläinen 2009, 122–123.)

Rakennuspaikalta pitää selvittää kuivatusvesien purkupaikka. Kaava-alueella tämä edellyttää purku- tai liityntäluvan hakemista kunnan rakennustoimistolta. Kunnalta saatavasta selvityksestä selviää myös padotuskorkeus. Padotuskorkeus on katuviemärin tukkeumatilanteessa syntyvä maksimi vedenkorkeus. Sadevesiviemärillä se oletetaan olevan yleensä 10cm liittymäkaivon kannen yläpuolella. Padotustilanteessa vesi pyrkii siis tontinpuoleisissakin viemäriissä nousemaan tälle tasolle. Rakennuksen kosteudelle herkä-

osat on siis tämänkin takia suunniteltava riittävän korkealle, tai vaihtoehtoisesti rakennus voidaan varustaa padotusventtiilillä. (Jääskeläinen 2009, 123.)

Harvemmin asutuilla alueilla sekä maaseudulla sadevesiviemäröinneissä halutaan säästää, tai viemäriverkostoa ei yksinkertaisesti ole. Kuivatuksen purkupaikaksi voidaankin osoittaa vaihtoehtoisesti esimerkiksi avo-oja. (Jääskeläinen 2009, 123.)

Kuivatussuunnitelmaa laatiessa on myös tärkeää olla yhteyksissä mahdollisten muiden kohteen suunnittelijoiden kanssa. Kuivatusratkaisuun vaikuttaa moni asia, kuten pinnanmuoto, päällysrakennekerrokset, rakennuksen korkeusasema, tontin liittyminen viereiseen katuun yms. (Jääskeläinen 2009, 124.)

2.3.2 Piha-alueiden rakenteet ja kuivatus

Piha-alueiden rakenteet tulee suunnitella ja rakentaa siten että rakenteiden painumat, sivusiirtymät, routanousut ja muut muodonmuutokset pysyvät riittävän vähäisinä siten että piha-alueelle ei aiheudu liian suurta haittaa käyttöään aikana. Piha-alueiden laatuluokitus ja suositellut rakennevaatimukset näkyvät taulukossa 2. (RIL-121 2005, 98.)

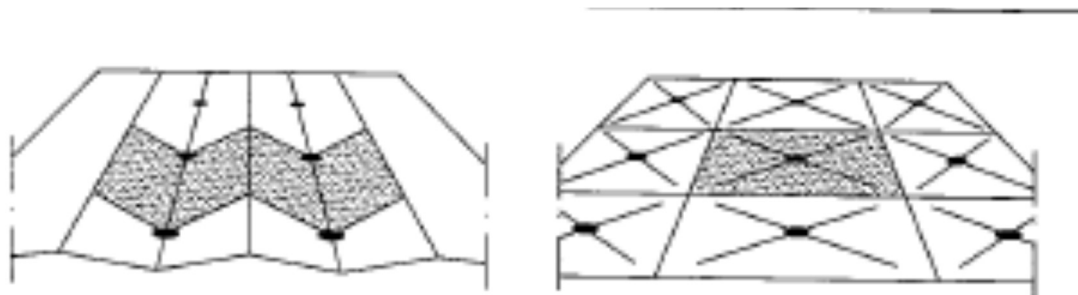
TAULUKKO 2. Piha-alueiden laatuluokitus ja suositellut rakennevaatimukset (RIL-121 2005)

Laatuluokka	Kulutuskerros	Vaatimukset Ulkonäkö	Sallitut pitkäaikaiset painumat	Routaliikkeet (F10)
Luokka 1 Piha ja alueet joille asetetaan erityisin suuret toiminnalliset tai ulkonäölliset vaatimukset	Sidottu	Päällyste säilyy halkeilemattomana	alle 100 mm	enintään 50 mm
	Sitomaton	-	Alle 100 mm	Enintään 50 mm
Luokka 2 Muut asunto-, ja toimisto- ja liikenerakennusten pihat	Sidottu	Päällysteessä vähäisiä hoidettavissa olevia halkeamia	alle 300 mm	enintään 100 mm
	Sitomaton	-	alle 300 mm	enintään 100 mm

Kuivatus piha-alueilla toteutetaan käyttäen avo-ojia, salaojia, sadevesiviemäreitä ja pinnan muotoilua. Avo-ojat ja salaojat kuivattavat maapohjaa syvemmältä, mutta avo-ojat toimivat myös osana pintakuivatusta. Sadevesikaivot toimivat pintavesien keräyspisteinä

joista viemärit kuljettavat veden pois. Pientalojen piha-alueiden suunnittelussa sadevesikaivoille on harvoin tarvetta, ja kuivatus hoidetaankin usein pinnantasauksen oikealla muotoilulla. (Jääskeläinen 2009, 124–125)

Pihan kuivatus hoidetaan maanpinnan kallistuksilla joko käyttäen taitekuivatusta tai suppilokuivatusta (kuva 2). Pinnan minimikaltevuudet määräytyvät alueen käyttötarkoituksen, päällysteen, veden virtausmatkojen sekä vesimäärien avulla (taulukko 3). Täysin vaakatasoisia alueita ei tulisi suunnitella. Nurmikkoalueillaakin käytetään vähintään 2-3 prosentin kaltevuuksia. (Rakennustieto Oy 2001, 47–50.)



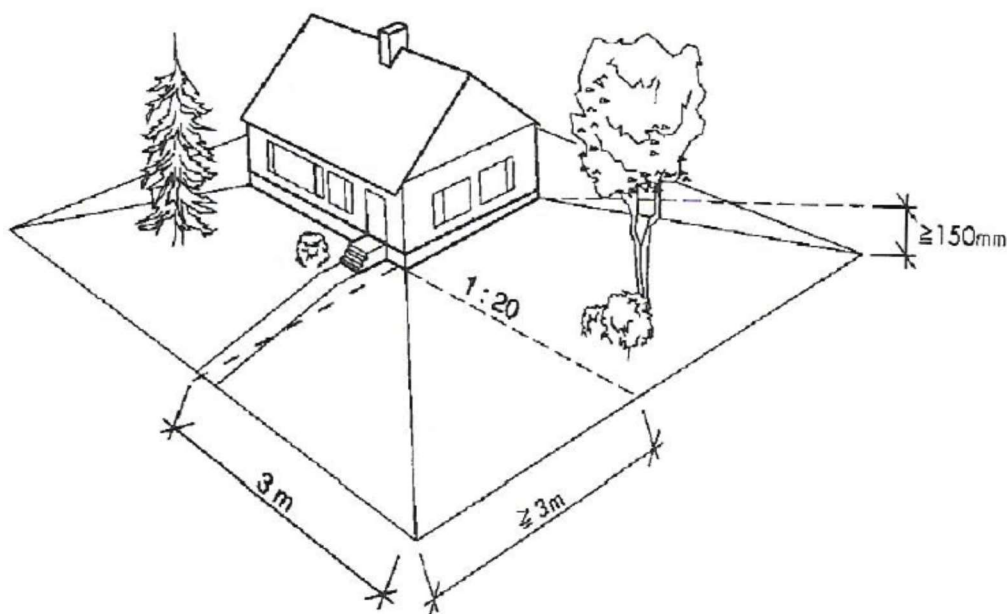
KUVA 2. Taite- ja suppilokuivatuksen periaate (Rakennustieto Oy 2001)

TAULUKKO 3. Pintojen vähimmäiskaltevuudet eri päällysteillä (Rakennustieto Oy 2001)

Päällyste	Sivukaltevuus	Viettokaltevuus
Asfaltti - ajorata - piha - jalkakäytävä	0,025...0,030 0,020...0,025	0,01...0,03
Kiveys, laatoitus - ajorata - piha - jalkakäytävä	0,03...0,04 0,02...0,04 0,025...0,03	
Sora, öljysora - ajorata - piha	0,04...0,05 0,02...0,04	

2.3.3 Rakennuspohjan kuivatus

Rakennuspohjan kuivatuksessa täytyy ottaa huomioon niin hulevedet kuin maaperässä oleva ja sinne imeytyvä vesi. Katoilta tuleva vesi johdetaan rännien kautta sadevesiviemäreihin, maanpinnalle tulevat hulevedet taas hoidetaan pinnanmuotoilun avulla, kuten edellä mainittiin. Kallistus rakenteen vieressä tulisi toteuttaa melko jyrkillä kallistuksilla, vähintään kolmen metrin matkalla rakennuksen seinistä, kuten kuvassa 3 näkyy. Hulevesiä ei saa ikinä johtaa salaojiin tai salaojakaivoihin, koska hulevesien mukana saattaa kulkeutua aineita jotka tukkivat salaojat ja estävät niiden toiminnan. (Jääskeläinen 2009, 130.)

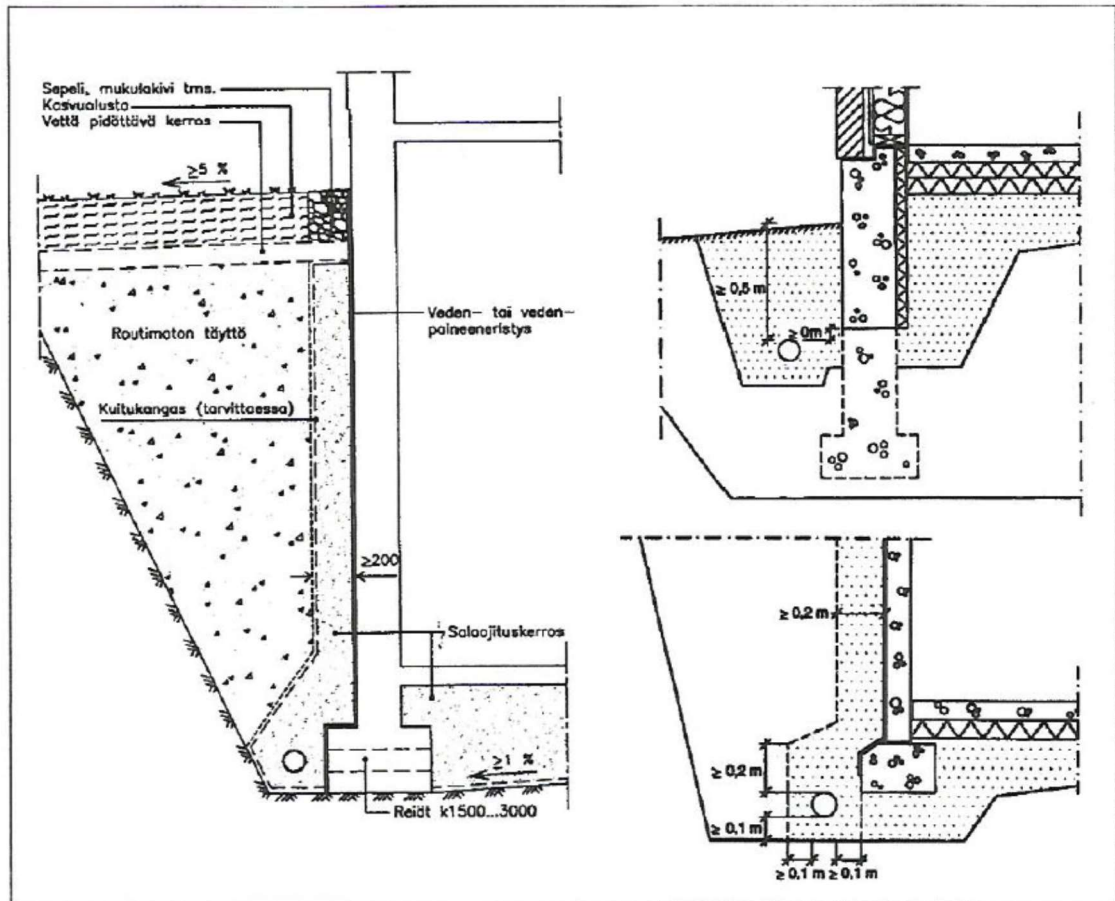


KUVA 3. Pinnan muotoilu rakennuksen ympärillä (YM / RakMK C2-opas)

Rakennusten alla ja sokkelien sivuilla käytetään salaojituserroksia joita pitkin vesi kulkeutuu riittävän nopeasti salaojiin. Salaojamateriaalina käytetään yleisesti joko sepeliä tai salaojasoraa. Kun materiaalin kapillaarisuuskin on riittävän pieni, pitää se rakenteet kuivina ja täten varmistetaan veden poistamisesta salaojituksen yläpuolelta. (Jääskeläinen 2009, 131.)

Salaojitus tulee sijoittaa anturan alapinnan alapuolella, mutta kuitenkin sivuttaissuunnassa riittävän lähelle anturaa. Salaojilla kierretään koko rakennuksen ympäri ja tällä estetään myös veden pääsy sivuilta rakennuksen alle. Putkiston suositeltu kaltevuus on

1:100. Myös jokainen muuta rakennusta syvempi osa tulee kiertää erikseen salaojituksella. Rakennuksen kulmiin tulee sijoittaa aina salaojituksen tarkastuskaivo. Vedet kootaan kokoojakaivoon, josta ne siirtyvät yleiseen sadevesiviemäriin tai muuhun purkukohtaan. Salaojituksen suunnitteluun tarvittavat suositellut etäisyydet näkyvät kuvassa 4. (Jääskeläinen 2009, 132–139.)



KUVA 4. Salaojituseroksen mittoja (Rakennustieto Oy 2001)

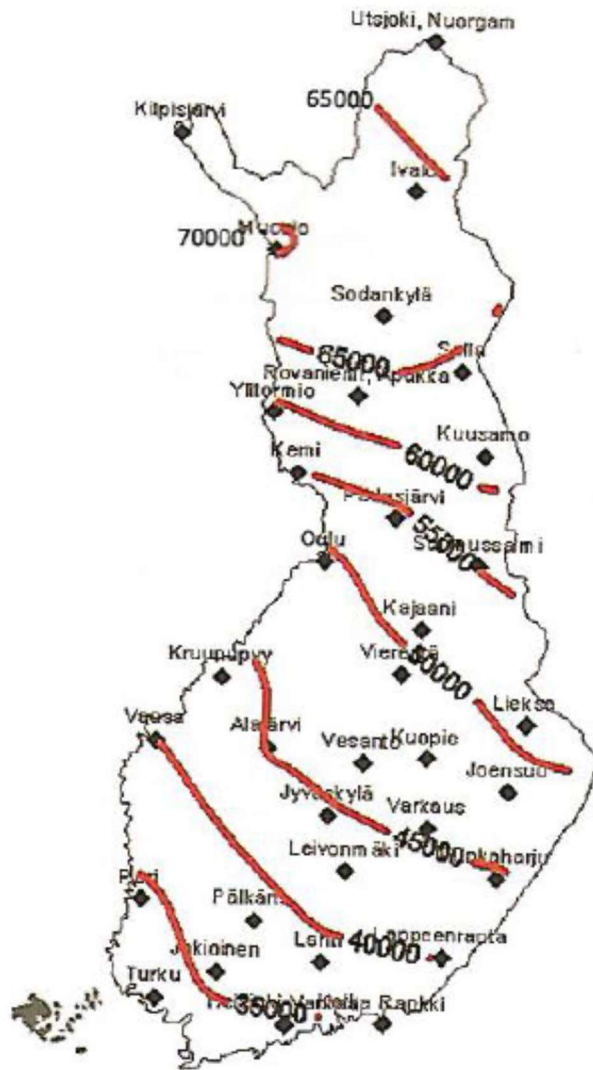
2.4 Routasuojaus

Routasuojaukselta tarvitaan talonrakentamisen pohjarakenteiden suunnittelussa monella eri tavalla. Suojauksen tarve täytyy selvittää kylmiltä rakenteilta tai rakennuksilta, lämpimiltä rakennuksilta ja pihamailta erikseen. Näihin kaikkiin kohteisiin täytyy routasuojaus erikseen mitoittaa. (Jääskeläinen 2009, 147.)

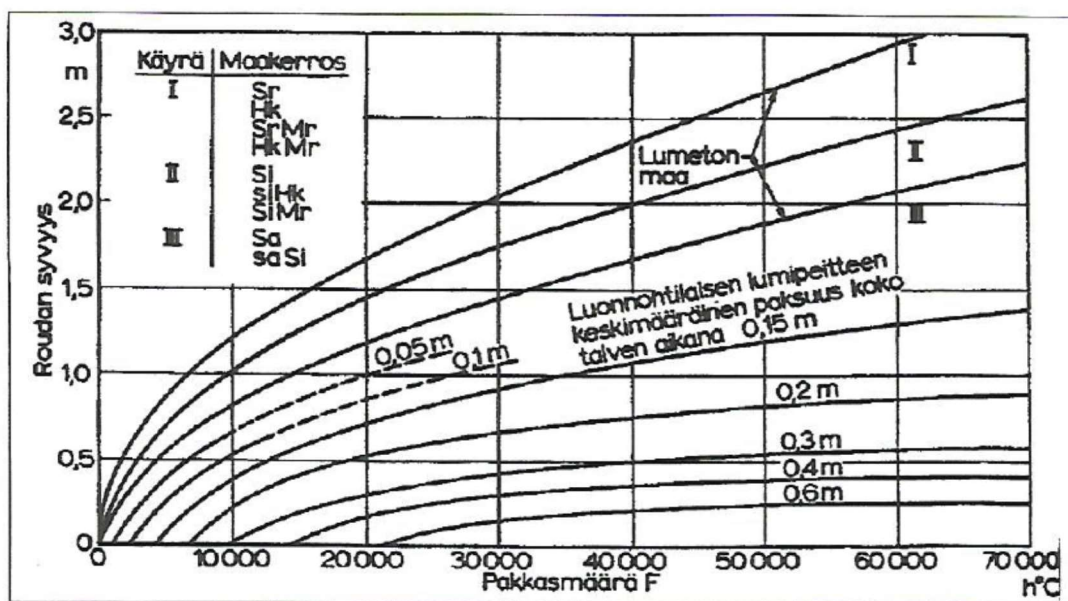
2.4.1 Lähtötiedot

Suunnittelun lähtökohtana ovat riittävät pohjatutkimukset tontilta, joista voidaan todeta pohjamaa ja sen routivuus. Routivuuden arviointi voidaan suorittaa kapillaarisen nousukorkeuden mittaamisella. Routimattomalla maalla kapillaarinen nousukorkeus on alle metrin. Kallio eivätkä osa sora- ja hiekkamaista roudi, valtaosa perustuksista tehdään kuitenkin suomessa routivalle pohjalle. (Jääskeläinen 2009, 148–149.)

Roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat pakkasmäärä, maalaji, lumi- ja kasvipeite sekä maaperän kosteusolosuhteet, näistä voimakkaimmin vaikuttaa pakkasmäärä. Talonrakennuksen routasuojauksissa otetaan huomioon yleensä kerran 50 vuodessa esiintyvä pakkasmäärä, jotta menettelyä voidaan pitää riittävällä varmuudella turvallisena. Pakkasmäärät vaihtelevat ympäri suomen ja arvot saadaankin kuvan 5 mukaisesta taulukosta. Pakkasmäärän ja roudan syvyyden välinen yhteys voidaan puolestaan selvittää kuvasta 6. Lumen suojaavaa vaikutusta voidaan harvoin huomioida. (Jääskeläinen 2009, 148–150. 2011, 94.)



KUVA 5. Kerran 50 vuodessa toistuva pakkasmäärä (RIL-261 2013)



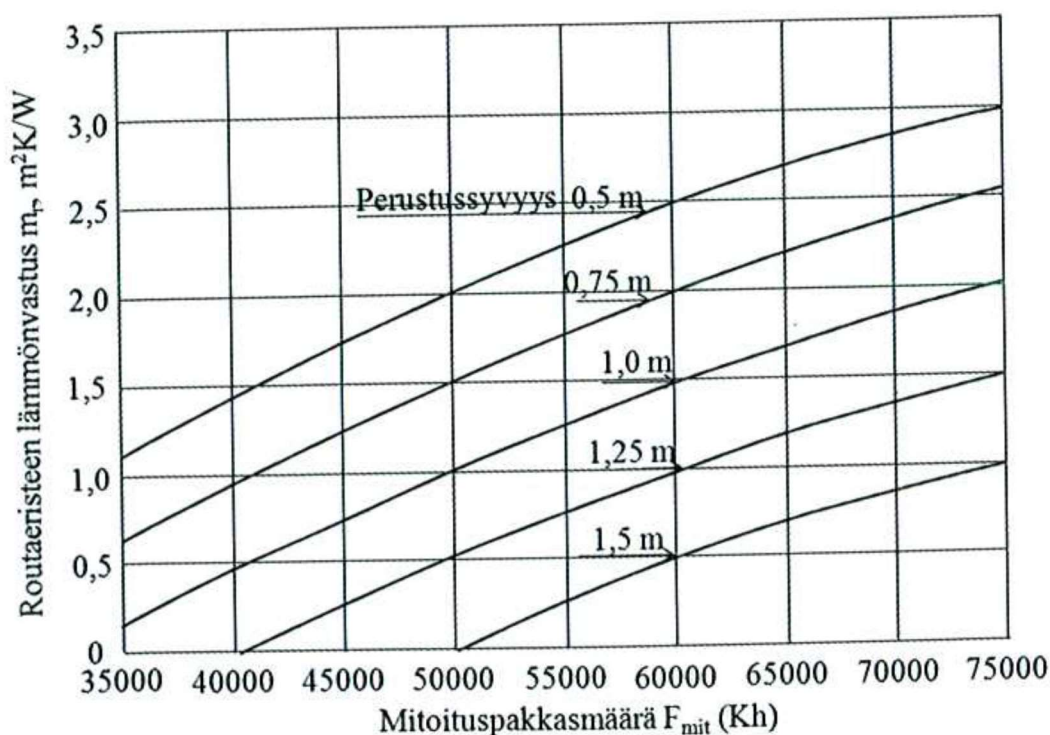
KUVA 6. Pakkasmäärän ja roudan syvyyden välinen yhteys (Jääskeläinen 2009)

2.4.2 Lämpimien rakennusten routasuojaus

Lämpimäksi rakennukseksi määritellään rakennus, jonka sisälämpötila voidaan jatkuvasti olettaa, olevan vähintään 17 °C. Rakennuksen oletetaan olevan myös vähintään 4 metriä leveä. (Jääskeläinen 2009, 167.)

Lämpimien rakennusten routasuojauksen mitoittamiseen vaikuttaa moni tekijä edellä mainittujen pakkasmäärän ja pohjaolosuhteiden lisäksi. Huomioon täytyy ottaa myös seuraavat asiat: Onko rakennuksen leveys yli 4 metriä, mikä on valittu perustussyvyys, maanpinnan ja alapohjan lämmöneristeen korkeusero, rakennuksen alapohjatyypin jos ryömintätilallinen niin miten alapohja on tuuletettu, alapohjan lämmön eristys, perusmuurin lämmöneristys ja eristeen sijainti. (RIL-261 2013, 80–81.)

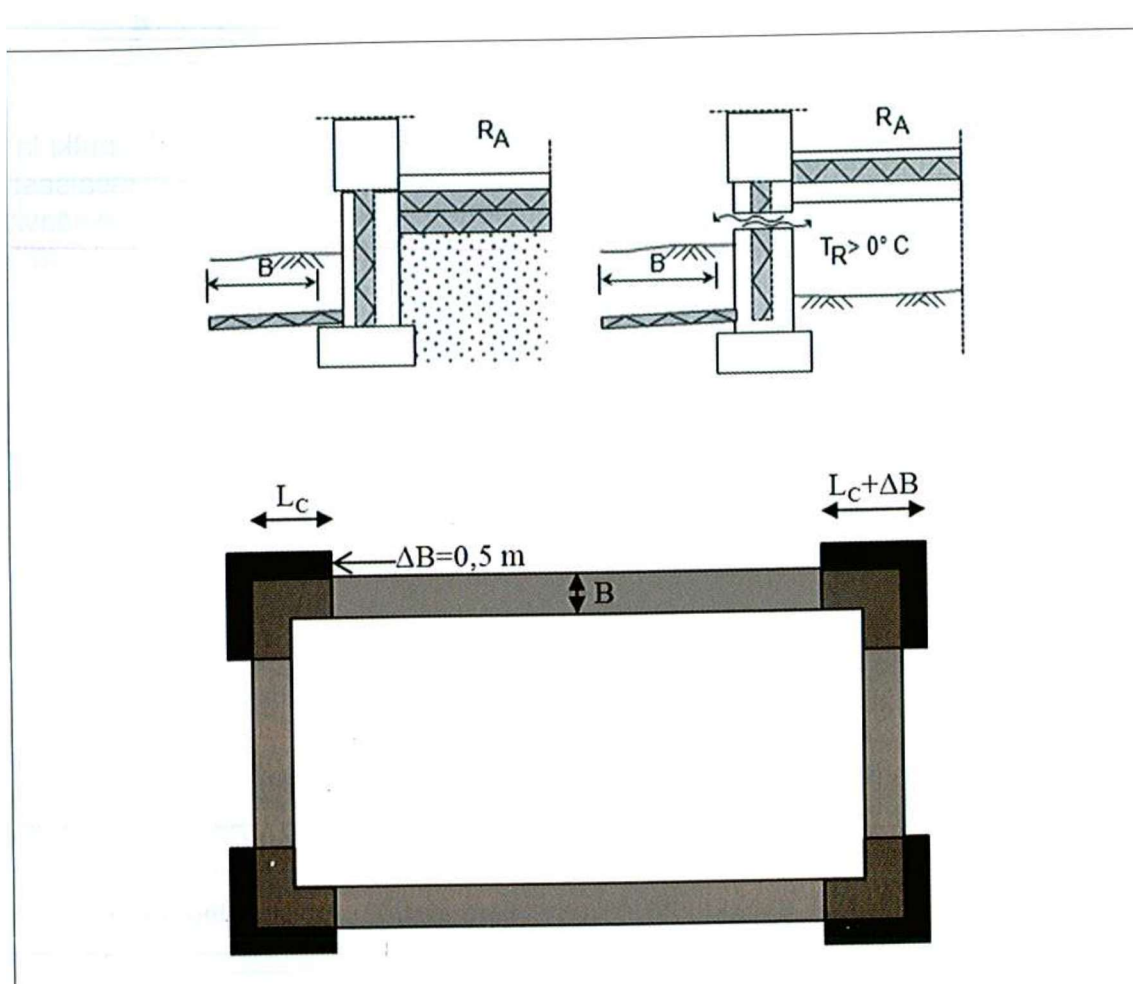
Perustussyvyys vaikuttaa oleellisesti eristyksen määrään. Mitä syvemmällä perustukset ovat sitä pienempi on eristyksen tarve (kuva 7). Alapohjan lämmönvastus on myös tärkeimpiä tekijöitä ja sen perusteella onkin laadittu useampia valmiita taulukoita helpottamaan mitoittamista. (RIL-261 2013, 78–79.)



KUVA 7. Lämpimän rakennuksen routasuojauksen mitoitus. Maanvastainen alapohja $R_A < 10 \text{ m}^2\text{K/W}$ (RIL-261 2013)

Jos routasuojausmitoitus halutaan tehdä routasuojausohjekirjan avulla, tulee maanpinnan ja alapohjan lämmöneristyksen korkeuseron olla korkeintaan 0,6m. Muutoin suunnittelijan täytyy laskea koko mitoitus itse. Sekä maanvastaisissa että ryömintätilallisissa alapohjissa oletetaan tietysti olevan käytössä asianmukaiset kuivatusratkaisut. (Jääskeläinen 2009, 168.)

Lämpimissä rakennuksissa routaeristyksen leveys on normaalisti 1-1,2 metriä, mutta liioja oletuksia ei saa tehdä vaan tämäkin tulee mitoittaa kohteen mukaan. Nurkkien kohdalla eristyksen lämmönvastuksen tulee etäisyyden L_c verran olla 100 % suurempi kuin seinälinjalla. Nurkka alueen pituus on Etelä-Suomen alueella 1,5 metriä. Kuvasta 8 selviää lämpimien rakennusten nurkkien routasuojaus, arvon ΔB osoittamaa levennystä käytetään kuitenkin vain passiivitalojen routamitoituksessa. (RIL-261 2013, 92–23).



KUVA 8. Lämpimän rakennuksen nurkkien routasuojaus (RIL-261 2013)

2.4.3 Piha-alueiden routasuojaus

Piha-alueiden routasuojauksella estetään routakohoumien syntymistä. Routakohoumat voivat häiritä piha-alueen kuivatusta ja aiheuttaa lammikoitumista, täten myös häiritä pihalla liikkumista. Päälystetyillä pihoilla haitat voivat olla vielä suuremmat ja pinnoitteeseen aiheutuu helposti vaurioita. Pientalojen pihamailla sallitaan kuitenkin usein taloudellisista syistä pieniä routanousuja. Nousut pyritään minimoimaan muun muassa tasaaamalla maapohja ja tekemällä erilaisia siirtymäkiiloja. Siirtyminen eristetyltä kohdalta eristämättömälle voidaan tehdä asteittain ohentamalla eriteen paksuutta. (RIL-261 2013, 127-133.)

Piha-alueiden routaeristys hoidetaan siis useimmiten tekemällä täytöt routimattomalla materiaalilla riittävälle syvyydelle, riippuen hyvin paljon pohjamaan ominaisuuksista. Piha-alueet jaetaan aluksi kahteen eri laatuluokkaan ja neljään eri pihatyyppiin, joiden

avulla mitoitus voidaan aloittaa (taulukko 4). Näiden lähtökohtien avulla saadaan taulukoista vaadittu täyttöjen kerrospaksuus, tai vaihtoehtoisesti eristyslevyltä vaadittava lämmönvastus. (Jääskeläinen 2009, 161)

TAULUKKO 4. Pihan kantavuus aluetyypin mukaan (Rakennustieto Oy 2001)

Pihan aluetyppi	Kantavuus (E_s) kantavan kerroksen päältä
4	Mitoitetaan tapauskohtaisesti
3	160 MN/m ²
2	120 MN/m ²
1	70 MN/m ² ¹⁾ 85MN/m ² ²⁾
K	Mitoitetaan tapauskohtaisesti

Pihan päällysrakenteiden rakenteellinen kantavuus mitoitetaan käyttäen Odemarkin menetelmää. Menetelmässä mitoitetaan tavoitekantavuuden, maapohjan kantavuuden ja ominaisuuksien sekä käytettävän materiaalin lujuusominaisuuksien avulla pihan rakennekerrosten riittävä paksuus. Odemarkin kaavan ja kantavuusmitoituksen taulukoiden avulla pystytään vaadittavat rakennekerrokset selvittämään hyvin nopeasti. Menetelmän käytöstä ja taulukoista lisää seuraavassa kappaleessa. (Rakennustieto Oy 2001)

2.5 Kaivannot

Kuten kaikissa edellä mainituissa suunnitelmissa myös kaivantojen suunnittelemisessa kaikki perustuu hyviin lähtötietoihin ja pohjatutkimuksiin. Pientalojen suunnittelussa harvoin vaaditaan kuitenkaan tarkempaa kaivantosuunnitelmaa johtuen kaivantojen pienestä koosta ja matalasta syvyydestä. (RIL-263 2014, 21.)

2.5.1 Putkikaivannot

Putkikaivannoissa tulee erityisesti ottaa huomioon työturvallisuus, johtuen kaivantojen kapeudesta. Lisäksi huomiota on kiinnitettävä mahdollisesti irtoaviin kiviin tai lohkareisiin. Putkikaivannon toteutus luiskaamalla edellyttää myös pohjatutkimusten tekoa. Putkikaivantojen ohjeellisia luiskakaltevuuksia löytyy suoraan taulukoituna (taulukko 5). (RIL-263 2014, 141.)

TAULUKKO 5. Putkikaivantojen ohjeellisia luiskakaltevuuksia (RIL 263 2014)

Syvyys	Maalaji	Maan lujuus	Luiska- kaltevuus	Kaivumaiden sijoitus
$\leq 2,0$ m	Pehmeä savi	$c_{uk} = 10$ kPa	1:3	$\leq 1,0$ m kerros, etäisyys ^a ≥ 8 m
$\leq 2,0$ m	Sitkeä savi	$c_{uk} = 20$ kPa	2:1	$\leq 2,0$ m kerros, etäisyys ^a ≥ 5 m
$\leq 2,0$ m	Löyhä hiekka, keskitiivis siltti	$\varphi = 30^\circ$	1:2	Etäisyys ^a ≥ 4 m
$\leq 2,0$ m	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,5	Etäisyys ^a ≥ 4 m
$\leq 2,0$ m	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,25	Etäisyys ^a ≥ 4 m
2,0...3,0 m	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,75	Etäisyys ^a ≥ 4 m
2,0...3,0 m	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,5	Etäisyys ^a ≥ 4 m

3 SUUNNITTELU

Kappaleessa käydään läpi esimerkkikohteen suunnittelua varten tehdyt tutkimukset sekä itse suunnittelu.

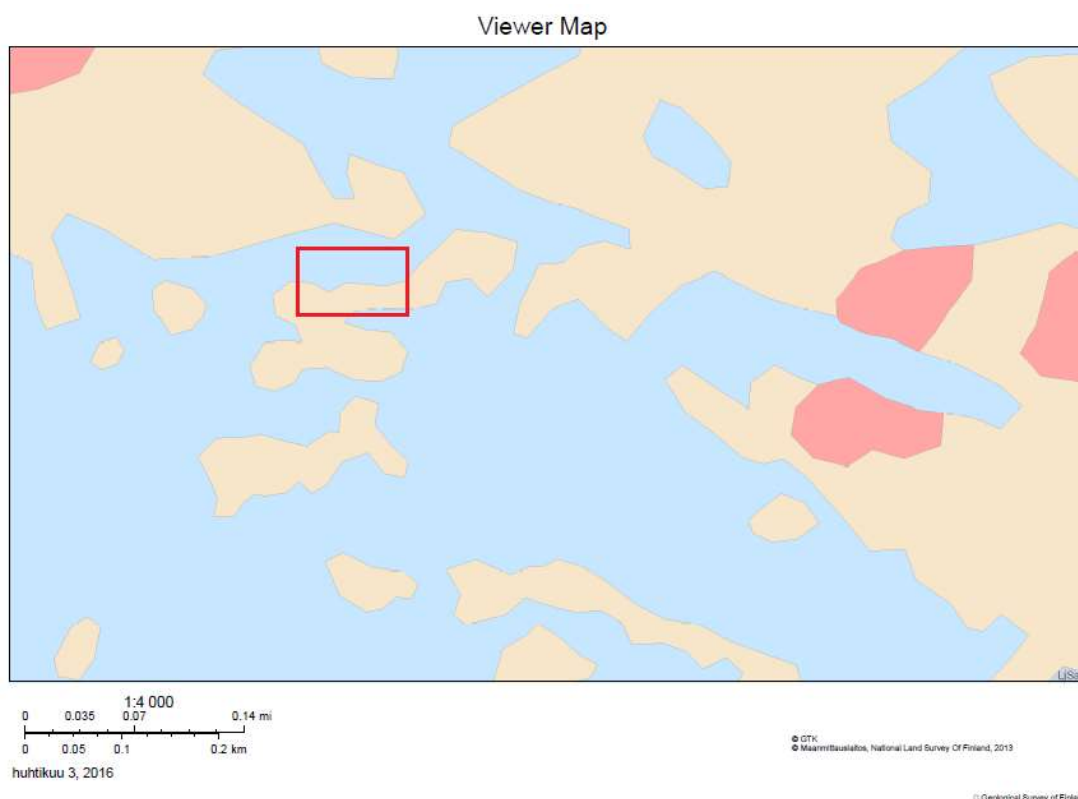
3.1 Lähtötiedot

Esimerkkikohde sijaitsee Tammelan kunnassa Nuutin asemakaava-alueella. Alue on kaavoitettua ja tontin kahdella sivustalla kulkee kunnan katu. Kohteesta oli jo olemassa lähes valmis asemakuva sekä kartoitustietoja tontista. Tontille ei kuitenkaan ollut tehty minäänlaisia pohjatutkimuksia eikä vesihuollon liityntäkorkoja ollut tiedossa.

3.1.1 Pohjatutkimukset

Tutkimukset aloitettiin keräämällä Tammelan kunnalta kaikki olemassa oleva tieto tontista ja sen lähiympäristön koroista sekä lähelle tehdyistä pohjatutkimuksista. Myös geologian tutkimuslaitoksen nettisivuilta sai osviittaa maaperästä käyttäen maaperäkarttaa (kuva 9). Kartan mukaan alueella on pääasiallisesti sekä savikkoa että hiekkamoreenia.

Tontille suoritettiin neljä kappaletta painokairauksia käyttäen käsikäyttöistä painokairaa. Kairaukset tehtiin talon tuleviin perustusten kulmapisteisiin. Yhdestä kairauspisteestä käytiin myös myöhemmin ottamassa häiriintynyt maanäyte, näyte pesuseulottiin ja kuivaseulottiin. Seulontojen ja vesipitoisuuden avulla selvitettiin tarkempi arvio saven laadusta. Kairausdiagrammit ja tutkimuskartta löytyvät liitteestä 1.



KUVA 9. Maaperäkartta tontilta (GTK, 3.4.2016)

3.2 Perustuksen suunnittelu

Suunnittelussa käytettiin eurokoodien mukaista DA2 menetelmää ja painumat tarkasteltiin käyttäen tangenttimoduulimenetelmää. Johtuen tontin huonosta pohjamaasta ei perustaminen suoraan pohjamaan varaan ole mahdollista. Perustamiselle suunniteltiin kuitenkin useampi eri vaihtoehto joista tehtiin kustannustarkasteluja.

3.2.1 Maanvarainen perustus

Maanvaraista perustusta ei edellä mainitun mukaan voitu toteuttaa johtuen savikerroksista tontilla. Jos maanvarainen perustus haluttaisiin toteuttaa, tulisi suorittaa massanvaihto kantavaan pohjaan saakka. Massanvaihdon syvyys vaihtelisi noin 3-4 metrin sisällä. Täytöt tulisi tehdä routimattomalla materiaalilla, jonka varaan perustukset voitaisiin tehdä. Mitoitus on liitteessä 2.

3.2.2 Paaluperustus

Varmin vaihtoehto olisi perustaa rakennus paalujen varaan, jotka upotettaisiin kantavaan maakerrokseen asti. Talon alle ja viereen tehtävät täytöt tulisi tällöin tehdä kevennemateriaalilla, esimerkiksi lecasoralla, jotta painumalle asetetut raja-arvot eivät ylity, eikä paaluille aiheutuisi haitallista sivukuormitusta. Varmempi vaihtoehto paaluperustamisessa olisi toteuttaa alapohjarakenne ryömintätilaisena jolloin välttyttäisiin kuormittamasta maapohjaa yhtään enempää. Tässä työssä paaluiksi valittiin SSAB:n RR90-teräsputki-paalut. Mitoituksessa käytettiin apuna SSAB:n omaa suunnitteluohjetta sekä Suomen Rakennusinsinöörien Liiton ohjeistusta. Tarkemmat tiedot mitoituksesta löytyvät liitteestä 3.

3.3 Kuivatuksen suunnittelu

Pihan rakennekerrosten mitoitus tehtiin betonikivetylle alueelle. Kantavuusmitoituksessa tulokseksi saatiin 950mm paksut rakennekerrokset, joilla myös routanousu pysyy sille asetetuissa raja-arvoissa, joka on maksimissaan 50mm. Kantavuus ja routamitoitus, sekä rakennekerrosten leikkauskuva on liitteessä 4.

Tontin kuivatuksen suunnittelua ohjasi tontin sadevesi- sekä jätevesiliittymien korkeus-asetat. Tontille on olemassa olevassa asemakuvassa suunniteltu runsaasti kivetystä, joista vedet suunniteltiin suurimmaksi osaksi koottavaksi sadevesikaivon kautta kunnan verkostoon. Nurmikoilta vedet ohjattiin riittävillä kallistuksilla tontin rajoilla kulkevaan ojaan. Liite 5

Rakennuspohjan kuivatus suunniteltiin toteutettavaksi salaojilla jotka kiertävät koko rakennuksen ja purkavat vedet kokoojakaivon kautta sadevesiverkostoon. Salaojamateriaalina tulee käyttää 110mm salaojaputkea. Jokaiselle nurkalle tulee asentaa tarkastuskaivo joilla mahdollistetaan salaojien huolto. Salaojasuunnitelma löytyy liitteestä 6.

3.4 Routasuojaus

Routasuojauksen suunnittelussa käytettiin lähtötietoina kerran viidessäkymmenessä vuodessa ilmenevää pakkasmäärää, joka on Tammelan kunnan alueella 35000. Routasuojaus tulee toteuttaa kauttaaltaan rakennuksen ympärille 1,2 metrin etäisyydelle, anturan reunasta. Rakennuksen kulmissa routalevytyksen paksuus tulee tuplata 1,5 metrin matkalla. Routasuojaukseen käytetään EPS 120 Routa levyjä joiden paksuus on 50mm ja nurkissa 100mm (liite 7).

4 VERTAILU

Tässä kappaleessa vertaillaan kolmea eri pohjarakenneratkaisua ja niiden kustannuksia opinnäytetyön esimerkkikohteessa.

4.1 Maanvarainen perustus

Kohteessa maanvarainen perustus ei onnistu suoraan pohjamaan varaan. Pohjamaalle täytöstä ja perustusten pohjapaineesta aiheutuvat painumat eivät pysy raja-arvoissa. Kantavuuskaan ei maassa riitä vaikka anturoita levennettäisiin tavallista enemmän.

Maanvaraisen perustuksen teko maanvaraisella alapohjalla ei onnistu muuten kuin tekemällä pohjamaalle massanvaihto. Massanvaihto tulisi tehdä kantavaan maakerrokseen asti, eli kaivua tulisi noin kolmen metrin syvyyteen. Täyttömateriaalina tulisi käyttää routimatonta materiaalia, jonka kantavuus olisi riittävä, esimerkiksi soraa.

Kustannukset karkaavat tässä vaihtoehdossa massanvaihdon takia huomattavasti korkeammaksi kuin paaluperustuksilla.

4.2 Paaluperustus maanvaraisella laatalle

Toisena vaihtoehtona käsiteltiin paaluperustusta maanvaraisella alapohjalla. Paaluperustukseen valittiin käytettäväksi SSAB:n RR90 teräspalkkipaaluja. Paaluja tulisi rakennuspohjaan 21 kappaletta (+ seitsemän kappaletta terasseille). Paaluperustuksen etuna on se että rakennuksen kuorma saadaan suoraan siirrettyä kantavalle maapohjalle ilman minäänlaisia massanvaihtoja.

Maanvaraisen alapohjarakenteen takia maapohjan päälle tulisi kuitenkin täytöistä johtuen liian paljon kuormaa. Kuorman takia pohjamaalle aiheutuisi liikaa painumia. Täytöt tulee toteuttaa kevennämateriaalilla, kuten tässä tapauksessa lecasoralla. Myös vierustäytöt tulisi tehdä kevennetyinä, jotta paaluille ei aiheudu sivukuormia.

Kustannukset tällä perustustavalla ovat hieman edullisemmat kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Kustannuksia nostaa eniten kevennemateriaalin suuri määrä. Vaikka paalutusta pidetään kalliina vaihtoehtona, niin on sen hinta tippunut viime vuosina varsin kohtuulliselle tasolle.

4.3 Paaluperustus rossipohjalla

Kolmantena vaihtoehtona tutkittiin paaluperustusta ryömintätilallisella alapohjalla, rossipohjalla. Tässä tapauksessa perustus voitaisiin toteuttaa paalutuksella kuten vaihtoehdossa kaksi.

Rakenteen etuna olisi rossipohja, jonka ansiosta kevennemateriaalin tarvittava määrä tippuisi oleellisesti verrattuna edelliseen vaihtoehtoon. Vaikka rossipohja on hieman maanvaraista alapohjarakennetta kalliimpi rakenne, niin tulisi koko rakenteen kustannukset huomattavasti edullisemmaksi.

4.4 Yhteenveto

Alustavalla materiaalien vertailulla tehtiin kustannusvertailu, jossa kahta muuta ratkaisua verrataan prosenteja käyttäen kalleimpaan ratkaisuun. Paaluperustus rossipohjalla tuli jopa 30 % halvemmaksi ratkaisuksi kuin massanvaihdolla toteutettu maanvarainen perustus. Paaluperustus maanvaraisella alapohjalla taas tulisi vain 5 % maanvaraista perustusta halvemmaksi.

5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli esittää talon pohjarakennesuunnitteluun tarvittavat lähtökohdat, laatia esimerkkikohteeseen rakennusluvan saamiseksi edellyttävät suunnitelmat sekä vertailla eri rakenneratkaisujen kustannuksia. Työssä käytiin läpi eri suunnitelmiin tarvittavat lähtökohdat hyvin tiiviisti, jotta kaikki asiat saataisiin esitettyä selkeästi menemättä liikaa jokaiseen tarkkaan yksityiskohtaan.

Lähtötietojen keruu ja hyvät pohjatutkimukset osoittautuivat ensisijaisen tärkeäksi jokaisessa suunnittelussa rakenteessa ja kokonaisuudessa. Hyvillä pohjatutkimuksilla pystyy helpottamaan ja nopeuttamaan suunnittelua huomattavasti. Työssä pohjatutkimukset tehtiin painokairauksella sekä häiriintyneellä maanäytteellä. Kattavammat tutkimukset, esimerkiksi häiriintymätön näyte, olisivat antaneet tarkemmat arvot käytettäväksi erityisesti perustustavan valinnassa.

Tehdyillä tutkimuksilla saatiin kuitenkin riittävällä tarkkuudella lähtötiedot suunnitteluun. Suunnitteluun liittyy paljon tiedonkeruuta eri lähteistä ja ne täytyy soveltaa oikein kohteen sijainnin ja lähtötietojen perusteella. Joidenkin tietojen ja suunnitteluun tarvittavien kaavojen löytäminen aiheutti hankaluuksia, asioita täytyi kerätä useista lähteistä, eivätkä kaikki uusimmatkaan alan ohjeet olleet ajan tasalla.

Rakenneratkaisun valintaa vertailtiin kolmen eri vaihtoehdon väliltä. Paaluperustus rosipohjalla osoittautui kokonaiskustannuksiltaan sekä toimivuudeltaan parhaaksi vaihtoehdoksi. Kustannusvertailussa keskityttiin vertailemaan pelkästään materiaalikustannuksia eri perustustavoilla. Kustannusvertailu osoittaa myös sen että paaluperustus voi olla yllättävänkin edullinen vaihtoehto perustaessa saviselle maaperälle.

Työn tuloksena saatiin tarvittavat suunnitelmat tehtyä ja työ tarjoaa myös hyvän yleisen käsityksen siitä mitä kaikkea pohjarakennesuunnittelu sisältää.

LÄHTEET

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. 1. painos. Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2005. RIL 121-2004. 2. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2009. RIL 207-2009. 1. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 261-2013. 1. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014. RIL 263-2014. 2. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

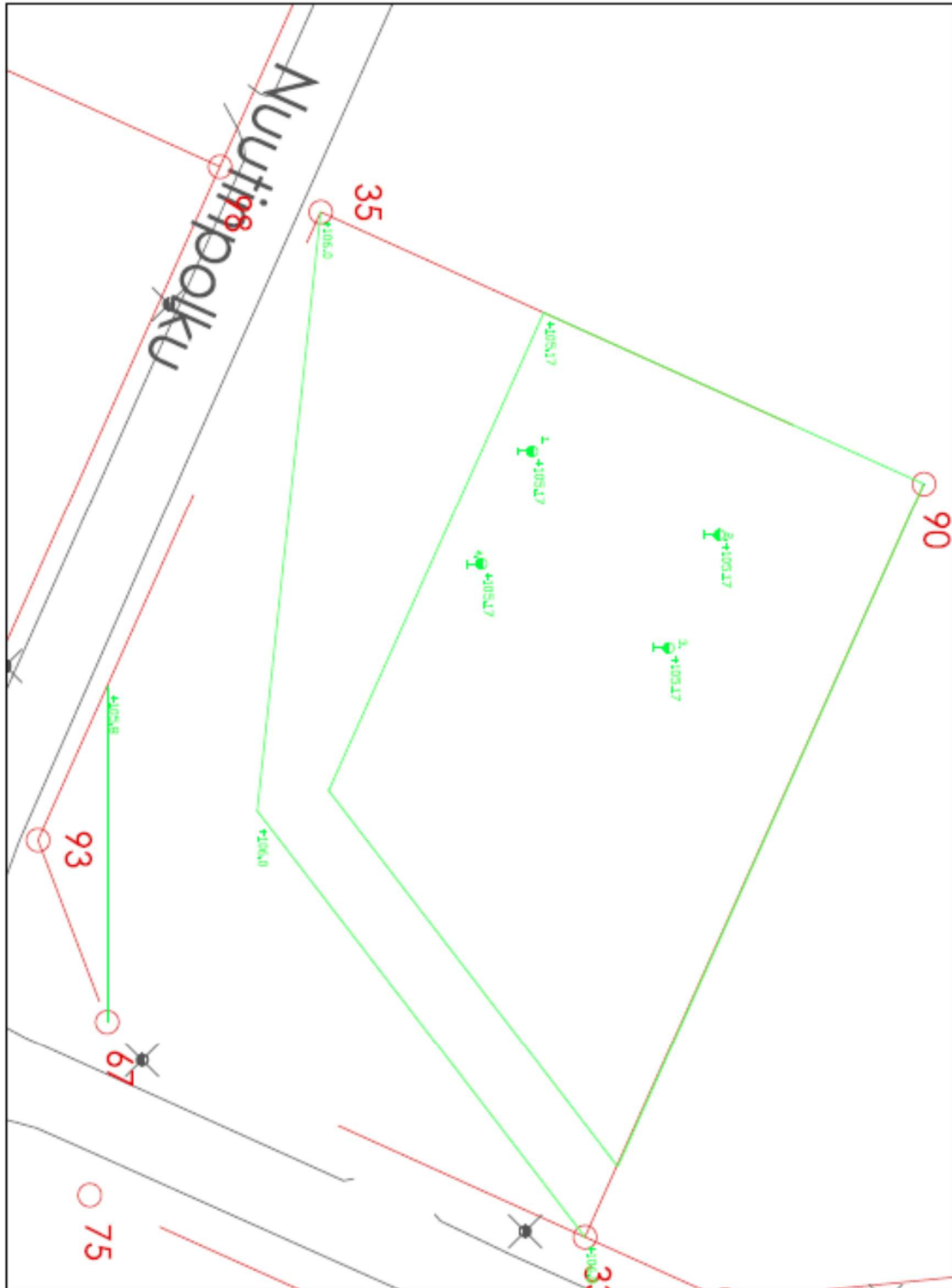
Ympäristöministeriö., Suunnittelu- ja konsulttitoimistojenliitto SKOL ry., Suomen geoteknillinen yhdistys ry., Innogeo Oy. 2001. Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas. 1. painos. Rakennustieto Oy.

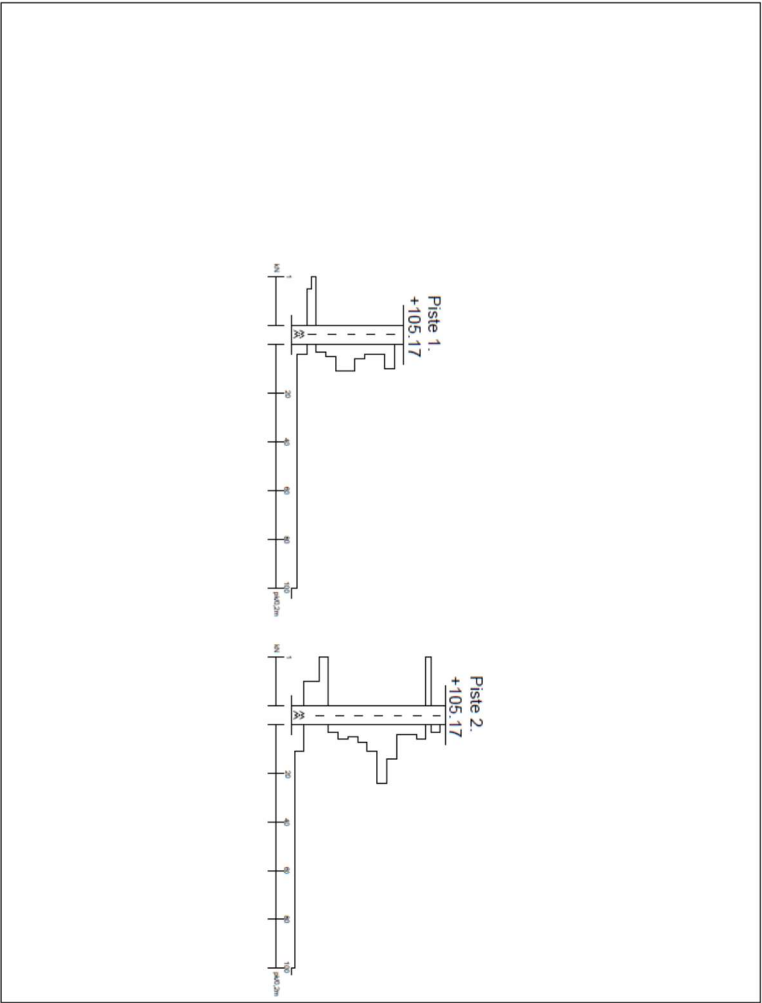
Geologian tutkimuskeskus, Maankamara karttapalvelu. Tulostettu 03.04.2016. <http://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html>

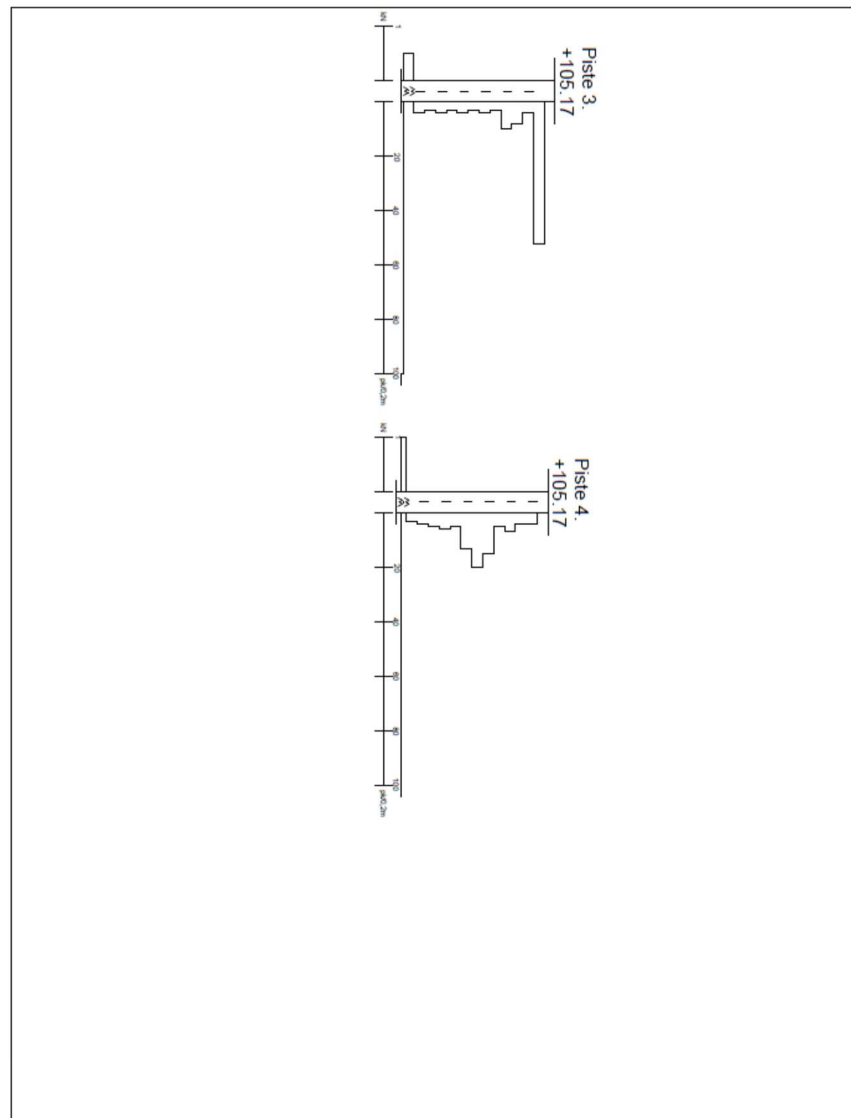
SSAB. Pientalojen perustukset anturoiden suunnitteluohje RR- ja RD -paaluille. Luettu 13.4.2016. <http://www.ssab.fi/Tuotteet/Terasluokat/Infrastrukturi/Tuotteet/Lyotava-RR-pienpaalu#!tab=downloads>

LIITTEET

Liite 1. Tutkimuskartta ja kairausdiagrammit







Liite 2. Maanvaraisen perustuksen mitoitus

Lähtötiedot

- Pohjaveden korkeus asettuu pintamaan poiston rajapintaan → +105.15
- Maalaji savea
- Pintamaa poistettu, paino 15kN/m³ noin 60cm kauttaaltaan
- Lattianpinta 300mm maanpinnan yläpuolella
- Sokkelin yläpinta 400mm maanpinnan yläpuolella
- Kallistus talosta pois päin 1:20/3m
- Valumavedet tontin rajalla olevaan sivuojaan, +105,8
- Salaojat voidaan purkaa kunnan sadevesi verkostoon
- Ulkoseinät tehdään kevytsoraharkoista, jotka ovat kantavia → perustetaan seinäanturan varaan.

Kuormat:

- Rakennuksen omasta painosta aiheutuvat **PYSYVÄT** kuormat rakennuksen ulkoseinälinjoilla:
 $G_{kj,sup} = 40\text{kN/m}$
- Muuttuvat kuormat (lumi- ja hyötykuorma):
 $Q_{kj,sup} = 20\text{kN/m}$
- Ominaiskuormiin on lisättävä sokkelin ja anturan paino sekä anturan päälle tulevan maan paino

Rakennuksen korkeusasema

Suunnitellun talon tontti on leikattu korkoon n. +105.17 ja tontin viereiset kadut ovat korossa 106.00-105.8, pintamaata tontilla on ollut vaihtelevasti n. 400-600mm.

Rakennuksen pohja leikataan kauttaaltaan tasoon +105.17, jolloin alueelle ei jää pintamaita ja antura ulottuu tarpeeksi syvälle (mursketta leikkuupohjalle 20cm tasolle +105.37). Sokkeli nostetaan tasolle +106.27 ja maa muotoillaan tasoon +105.87, niin saadaan kaadot rakennuksesta pois päin.

Anturan alapinta: +105.37

Maanpinta: +105.87

Sokkelinyläpinta: +106.27

Lattian yläpinta: +106.27

Laskut, anturan leveys

Valitaan epäedullisin painokairausdiagrammin tutkimustulos, jonka perusteella arvioidaan suunnitteluparametrit.

Epäedullisimmaksi diagrammiksi valitsimme pisteestä 3 tehdyn kairauksen. Koska puolikierrosten määrä suhteessa tunkeumaan oli pienin muihin kairautuloksiin verrattuna.

$$G_{vk} = 40kN, \quad Q_{vk} = 20kN$$

$$\gamma_d = 15 \text{ kN/m}^3, \quad \gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3, \quad \varphi = 0, \quad c = 10kPa$$

Tehollinen tilavuuspaino

$$\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$$

Anturan leveys arvataan

$$B' = B = 1m$$

Kantavuuskertoimet taulukosta

$$N_c = 5,14 \quad N_q = 1 \quad N_\gamma = 0$$

Perustuksen muodolle

$$S_q = 1$$

$$S_\gamma = 1$$

Kantokestävyyden arvo

$$R_{A'} = c' N_q S_q + q' N_q S_q + 0,5 \cdot \gamma' B' N_\gamma S_\gamma$$

$$= 10 * 5,14 + 1,1m * 15 \text{ kN/m}^3 * 1 * 1 + 0,5 * 8 \text{ kN/m}^3 * 1m * 0 * 1$$

$$= 66,4 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d/A' = \frac{66,4 \text{ kN/m}^2}{1,55} = 42,83 \text{ kN/m}^2 = 42,83N/m$$

Pystykuormien mitoitusarvo

$$F_d = 1,15 * (40kN/m) + 1,5 * 20kN/m = 76kN/m$$

$$F_d < R_d / A' \rightarrow EI \text{ OK!}$$

Laskut, painuma

Perustamissyvyys, $D = 0,5\text{m}$

Moduuliluku, $m = 20$, $\beta = 0$

Märkätilavuuspaino, $\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$, murskeella 20 kN/m^3

Tehollinen tilavuuspaino, $\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$, murskeella 10 kN/m^3

Anturan pohjapaine $= G_{\text{kj,sup}} = 40 \text{ N/m}$

$$Q_{\text{kj,sup}} = 20 \text{ kN/m}$$

Tangenttimoduulimenetelmä

$$\frac{\Delta h}{h} = 1/m \left(\ln \left(\frac{\sigma_c + \Delta \sigma}{\sigma_c} \right) \right)$$

kerros	h(m)	1/m	σ_c	Δc	$\sigma_c + \Delta c$	$\ln((\sigma_c + \Delta \sigma)/\sigma_c)$	$\Delta h/h$	$\Delta h \text{ (m)}$
1	0,2	0,05	5,3	80,71	86,01	2,786756748	0,1393378	0,027868
2	0,3	0,05	7,3	43,798	51,098	1,945871009	0,0972936	0,029188
3	0,5	0,05	10,5	34,57	45,07	1,45684158	0,0728421	0,036421
4	0,5	0,05	14,5	26,88	41,38	1,048649023	0,0524325	0,026216
5	1	0,05	20,5	19,19	39,69	0,660674381	0,0330337	0,033034
							$\Sigma \Delta h =$	0,152727

Konsolidaatiojännitykset laskettiin erikseen 5 eri kerrokselle ja erikseen huomioitiin jännityksen jakautuminen anturan alapuolella sekä täytöistä johtuva tasaisesti jakautuva kuorma.

Kokonaispainumaksi saatiin 15cm joka ylittää sallitun painuman 5cm.

➔ maanvaraista perustusta ei voida toteuttaa.

Liite 3. Paaluperustuksen mitoitus Eurokoodin mukaisesti

Lähtötiedot	arvo	
Gvk	40	kN/m
Qvk	20	kN/m
Tavoitetaso	5	m
GL2		
PTL2		

paalujen puristuskestävyys Rd			Paalujen Geotekninen Kestävyys Rd	
RR75	318	kN	220	kN
RR90	394	kN	260	kN
RR100/6,3	523	kN	423	kN

→ Valitaan Rd paalujen geoteknisen kestävyys mukaan.

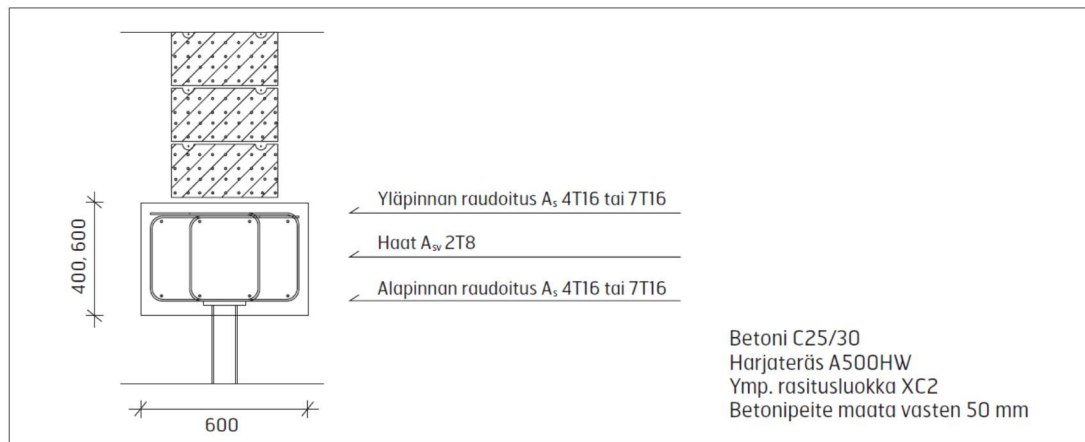
Kuormayhdistelmät		
6.10a) = $1,15 \cdot Gvk + 1,5 \cdot Qvk$	76	kN/m
6.10b) = $1,35 \cdot 40$	54	kN/m

→ valitaan paaluksi RR90. Paalujen k/k mitaksi saadaan SSAB:n taulukosta 3 m pitkälle sivulle ja 2,25m lyhyelle sivulle.

→ $F_d < R_d \rightarrow 228 < 260$

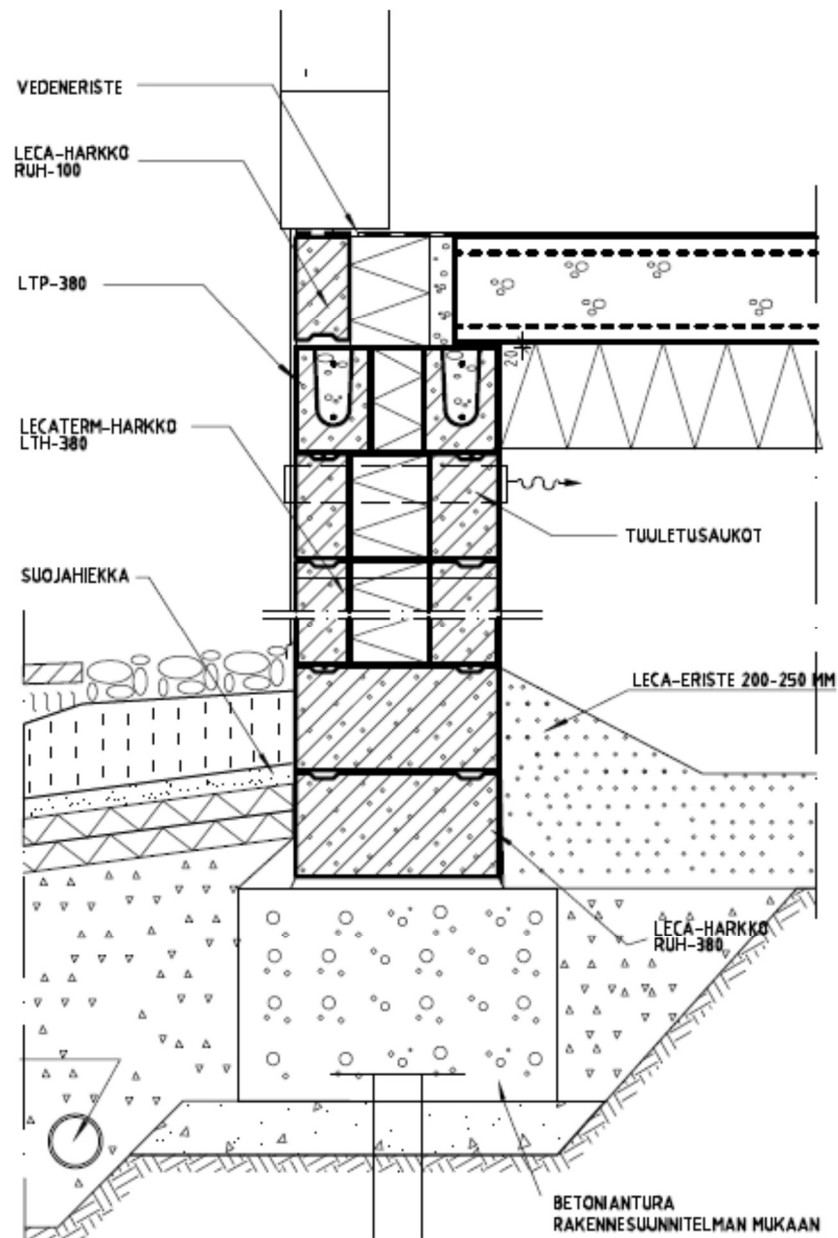
→ Paalujen määrä $21 + 7$

Perustus toteutetaan jatkuvana paaluanturana kevytsoraharkkoperusmuurille kuvan 10 mukaisesti



Kuva 1. Jatkuva paaluantura kevytsoraharkkoperusmuurille.

KUVA 10. Jatkuva paaluantura kevytsoraharkkomuurille, ei mittakaavassa (SSAB)



KUVA 11. Perustuksen poikkileikkaus. Ei mittakaavassa.

Liite 4. Pihanrakenteiden mitoitus

Piharakenne mitoitus

Kantavuus

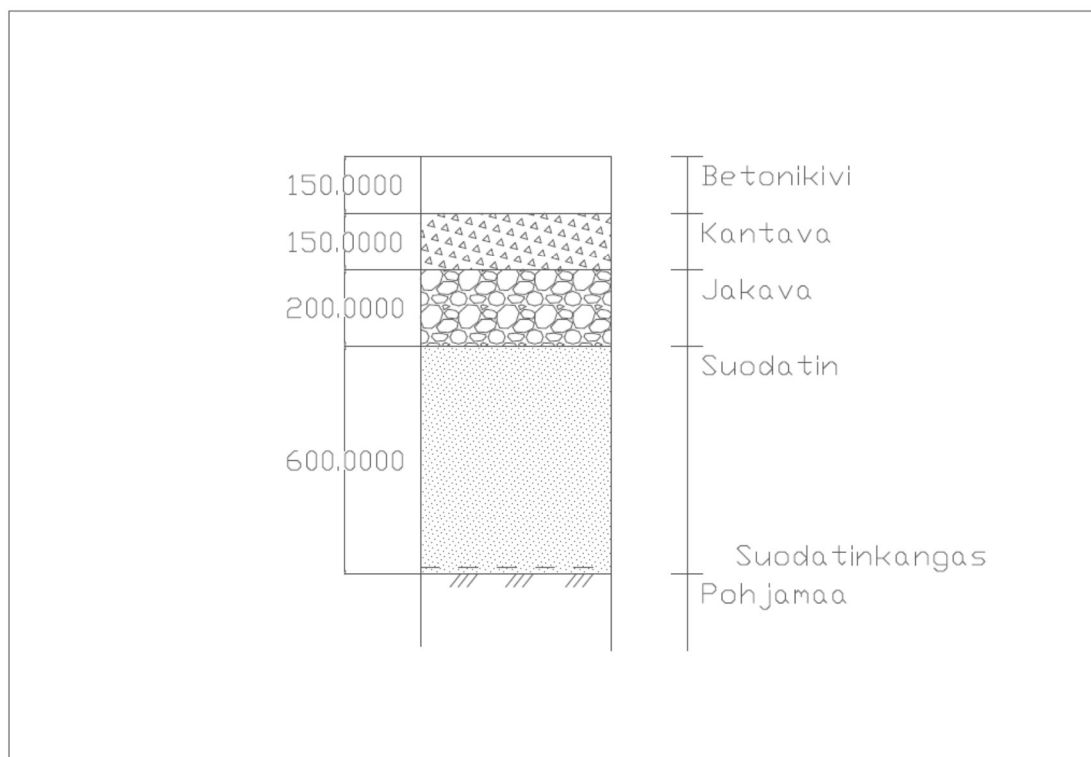
Käytetty Odemarkin menetelmää ja mitoituskäyrästöjä

Lähtötiedot: Pihan aluetyyppi 2, Pohjamaan kantavuusluokitus G → savea

$$E_a = 5 \text{ MN/m}^2$$

- suodatinkerros hiekkaa 70MN/m² 600mm → 40 MN/m²
- jakava E=200, E_a=40 h=200mm → 80 MN/m²
- kantava → 150mm → 120MN/m²

Yhteensä 950mm kerrokset



Routa

Mitoitusroutansyvyys Tammelan kunta $S = 1,5 \text{ m}$

alusrakenneluokka G

routaturpoama $t = 6 \%$

Rakennekerrokset edellä mainitun mukaiset. R

Betonikivirakenne ja asfaltti → laatuluokka 2

Käytetään tiehallinnon ohjeen mukaista tien päällysrakenteen routamitoitusta.

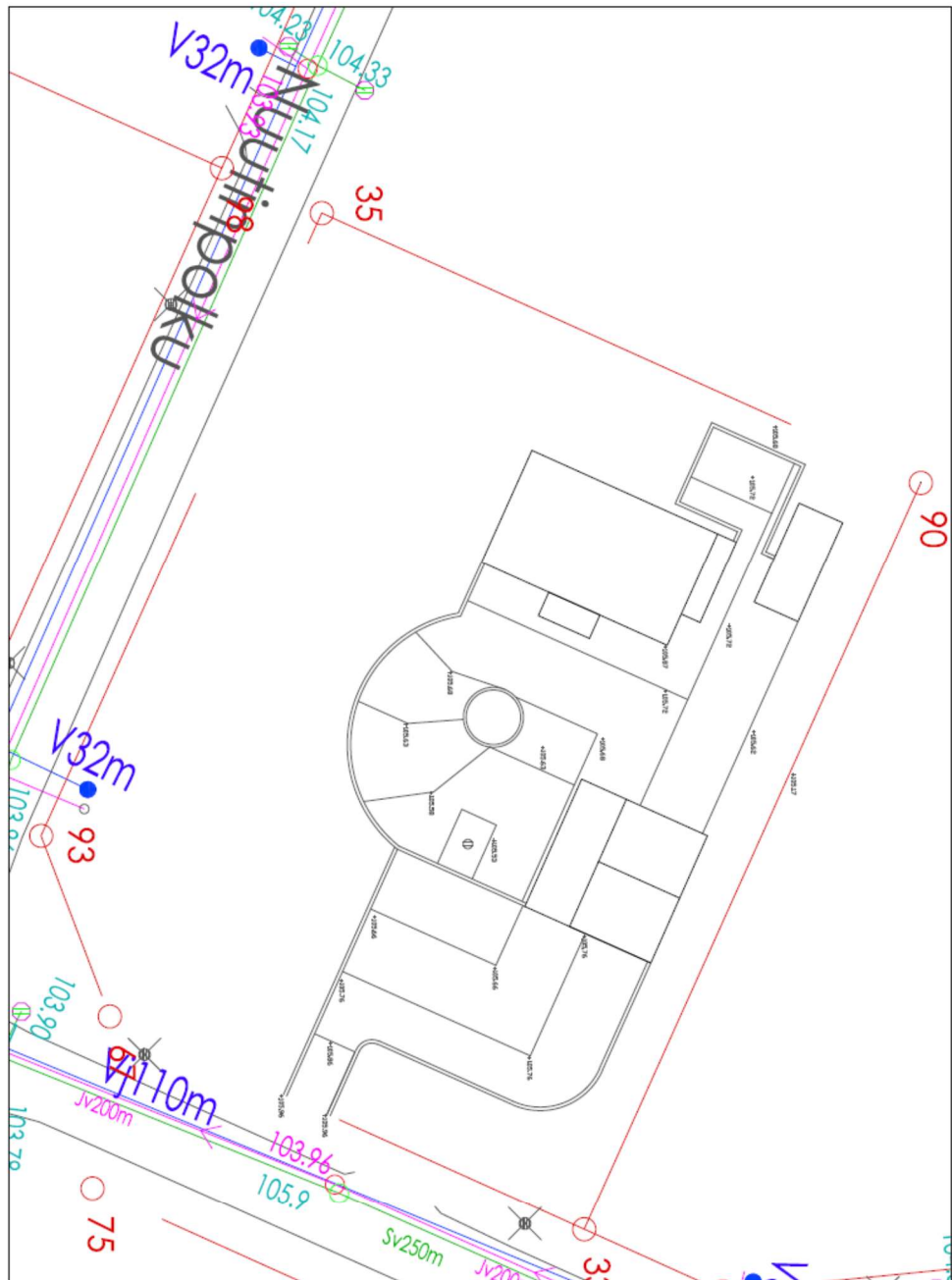
Sallittu routanousu 50 mm.

Materiaalien vastaavuus eristävyiden kannalta (a_n) katsottu taulukosta

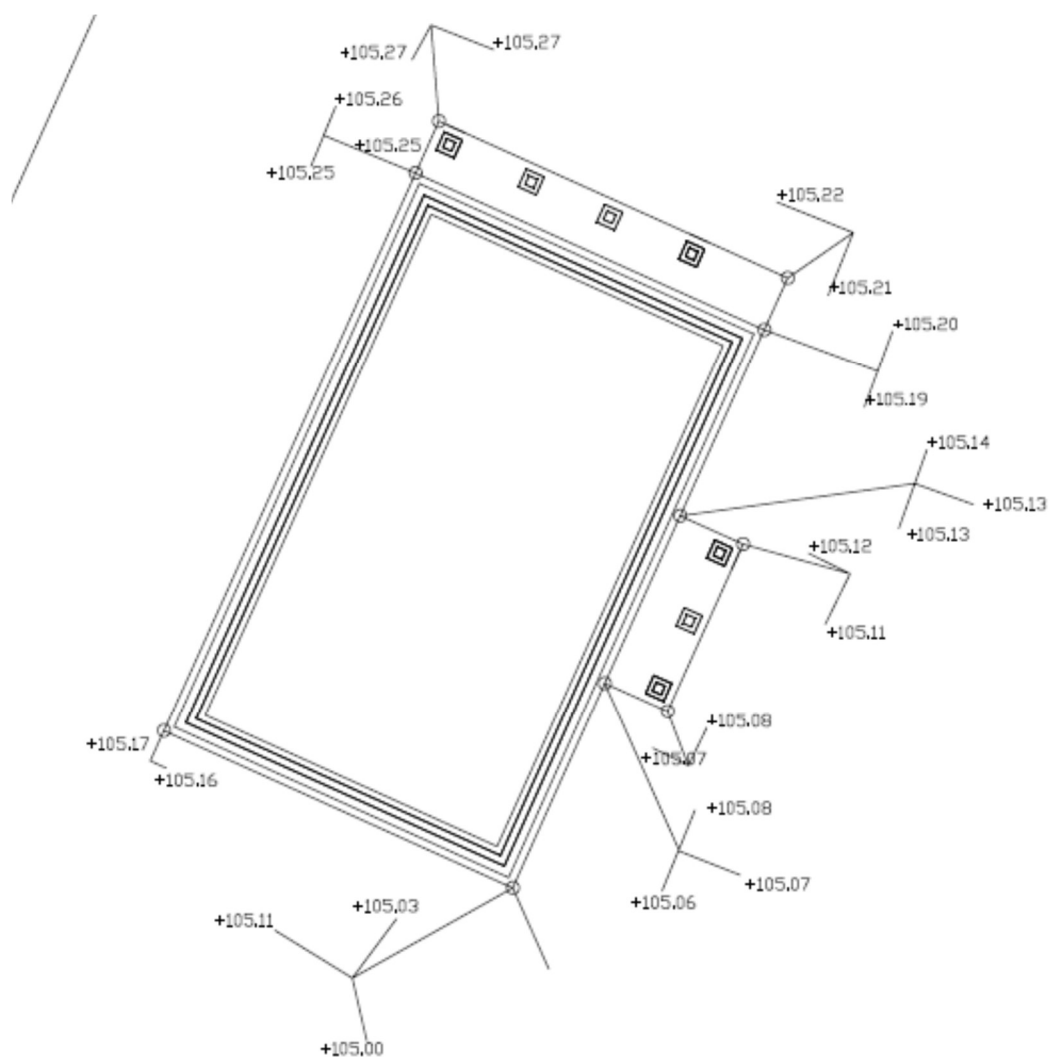
$$RN_{lask} = (S - a_1 * R_1 - a_2 * R_2 - a_3) * t / 100 = (1500\text{mm} - 0,9 * 150\text{mm} - 0,9 * 200\text{mm} - 1 * 600\text{mm}) * 6 / 100 = 35,1 \text{ mm}$$

$35,1 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$

Liite 5. Pihan kuivatus



Liite 6. Salaojasuunnitelma



Liite 7. Routasuojas

